CC BY

مقاله مروری:

نقش اسیدهای چرب در تغذیه مولدین ماهیان و تأثیر آنها بر کیفیت تخم و لارو

علیرضا رادخواه[۱]، سهیل ایگدری*[۱]، اسماعیل صادقی‌نژاد ماسوله[۲]، صدیقه آتش‌افرازه[۳]

* soheil.eagderi@ut.ac.ir

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲-پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران

۳-دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱٤۰٤ تاریخ پذیرش: مرداد ۱٤۰٤

چکیده

تغذیه مولدین نقش اساسی در عملکرد تولیدمثلی و تولید تخم و لارو باکیفیت در آبزی‌پروری ایفا می‌کند. این مقاله مروری، اثرات اسیدهای چرب غذایی در تغذیه مولدین را بر کیفیت تخم، رشد لاروی و بقا در گونه‌های مهم پرورشی شامل سالمونیدها، کپورماهیان، سی‌باس، سی‌بریم، ماهیان تخت و تاس‌ماهیان بررسی می‌کند. مطالعات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ به‌طور جامع مرور شدند تا ارتباط میان ترکیب لیپیدی جیره مولدین و نتایج تولیدمثلی ارزیابی شود. یافته‌ها نشان دادند که تعادل و نسبت اسیدهای چرب ضروری، به‌ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA)، آراشیدونیک اسید (ARA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA)، اهمیت بیشتری نسبت به سطوح مطلق آنها در جیره غذایی دارند. نسبت اسیدهای چرب n−3 به n−6 به‌طور مستقیم بر ترکیب بیوشیمیایی تخم، رشد جنینی، کیفیت لارو و میزان بقا تأثیر می‌گذارد. همچنین، مطالعات مورد بررسی نشان دادند که استفاده از منابع ترکیبی چربی شامل روغن ماهی و روغن‌های گیاهی، در مقایسه با جیره‌های دارای یک منبع چربی، اثربخشی بیشتری در بهبود عملکرد تولیدمثلی و رشد لاروی دارد. علاوه بر این، ترکیبات گیاهی غنی از اسیدهای چرب ضروری می‌توانند به‌عنوان جایگزین‌های پایدار برای روغن ماهی در خوراک مولدین مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی، بهینه‌سازی ترکیب اسیدهای چرب در جیره مولدین می‌تواند کیفیت تخم، زنده‌مانی لاروها و پایداری سامانه‌های آبزی‌پروری را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: تغذیه مولدین؛ اسیدهای چرب؛ کیفیت تخم؛ رشد لاروی؛ آبزی‌پروری؛ تولیدمثل ماهیان.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

مقدمه

تغذیه در پرورش آبزیان به ویژه در مراحل حساس تکثیر و تولیدمثل، نقش محوری و تعیین‌کننده‌ای دارد. موفقیت در صنعت آبزی‌پروری و تولید لاروهای باکیفیت به‌شدت به وضعیت فیزیولوژیک مولدین وابسته است و این وضعیت نیز به طور مستقیم تحت تأثیر کیفیت جیره غذایی قرار دارد (Radkhah and Eagderi, 2022). یک جیره غذایی کامل و متعادل، فراتر از تأمین انرژی و پروتئین باید شامل ریزمغذی‌ها و ترکیبات عملکردی باشد که برای فرآیندهای حیاتی بدن ضروری هستند. در میان این ترکیبات، لیپیدها به‌ویژه اسیدهای چرب ضروری (EFAs)[1]، نقشی غیرقابل جایگزین در رشد، بلوغ جنسی، و موفقیت در تولیدمثل ایفاء می‌کنند (Espinosa-Salas and Gonzalez-Arias, 2025). تحقیقات گسترده در دهه‌های اخیر نشان داده است که کمبود یا عدم تعادل در اسیدهای چرب، می‌تواند عملکرد تولیدمثلی مولدین را به‌شدت کاهش دهد و منجر به تولید تخم‌های بی‌کیفیت و لاروهای ضعیف شود. این مسئله، چالش‌های جدی را برای پرورش‌دهندگان ایجاد می‌کند (Baroni *et al.*, 2024; Engdaw and Geremew, 2024)، زیرا بقاء و رشد اولیه لاروها ارتباط مستقیمی با ذخایر غذایی موجود در کیسه زرده تخم دارد. بنابراین، درک دقیق نیازهای تغذیه‌ای مولدین به اسیدهای چرب و مکانیسم‌های انتقال آنها به تخم، برای بهینه‌سازی فرآیندهای تکثیر و تولید لاروهای سالم حیاتی است (Radkhah *et al.*, 2023).

تولید لارو ماهیان، رشد، توسعه و متعاقباً سلامتی آنها و بهره‌وری بالقوه از آنها به عنوان مولدهای آینده به کیفیت تخم‌های موجود بستگی دارد (Migaud *et al.*, 2013). از آن‌جایی‌که کیفیت تخم، از نظر درشت‌مغذی‌ها و ریزمغذی‌ها، به تحویل مواد مغذی از ماده وابسته است، بنابراین، برای اطمینان از بقاء خوب لارو و رشد زودهنگام آن، باید بهینه‌سازی تغذیه در مولدین مورد توجه قرار گیرد (Conceição and Tandler, 2018). از این‌رو، باید رژیم‌های غذایی برای پرورش مولدین اختصاص داده شود که اطمینان حاصل شود کلیه مواد مغذی ضروری را برای گونه‌های مورد نظر فراهم می‌کند (Baroni *et al.*, 2024; Engdaw and Geremew, 2024).

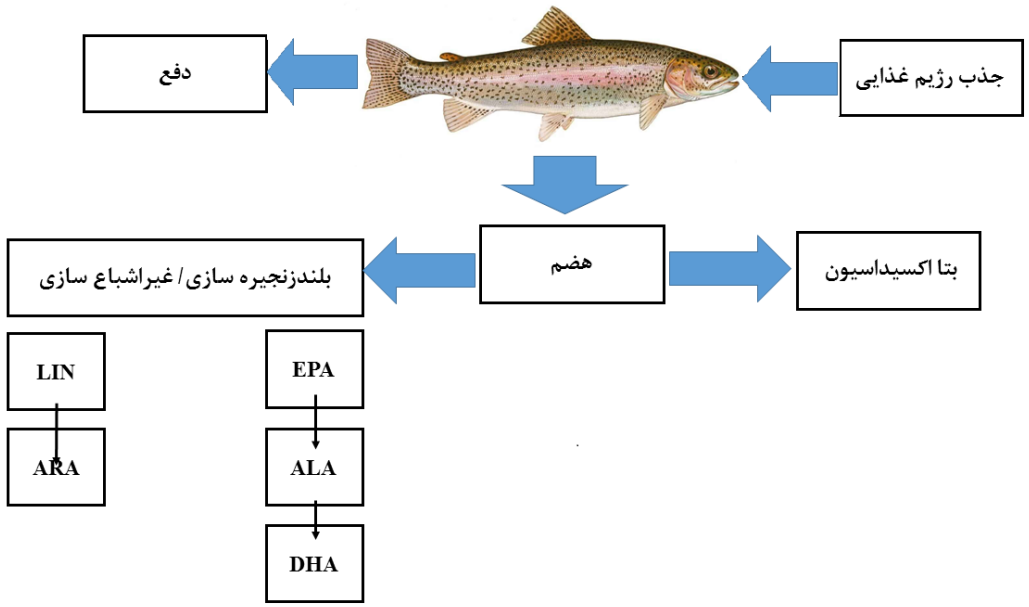
چربی و ترکیب اسیدهای چرب در رژیم غذایی به عنوان عوامل اصلی تعیین‌کننده تولیدمثل موفقیت‌آمیز و بقاء فرزندان در ماهی شناخته شده‌اند (Bruce *et al.*, 1993). اسیدهای چرب DHA[2]، EPA[3] و ARA[4] به‌ویژه برای تخم و کیفیت لارو مهم هستند (شکل ۱) (Migaud *et al.*, 2013). این اسیدهای چرب اشباع نشده (PUFA) نقش کلی در فسفولیپیدهای دو لایه غشایی دارند تا به حفظ یکپارچگی ساختاری و عملکردی سلول‌ها کمک کنند. به‌علاوه، اسیدهای EPA و ARA نقش ویژه‌تری به عنوان پیش‌سازهای ایکوزانوئیدها (پروستاگلاندین‌ها) دارند که فعالیت‌های فیزیولوژیک گسترده‌ای در ماهیان از جمله بلوغ نهایی تخمک و تخمک‌گذاری دارند (Planas and Swanson, 2008). به طور کلی، ایکوزانوئیدهای تولیدی از ARA فعال‌تر از مواردی هستند که از EPA تولید می‌شوند. با این‌حال، EPA به طور رقابتی با تولید ایکوزانوئید از ARA تداخل ایجاد کرده و برای گیرنده‌های غشایی مشابه رقابت می‌کند. بنابراین، عملکرد ایکوزانوئید با نسبت EPA: ARA در غشاء سلولی تعیین می‌شود که به‌نوبه خود با نوع رژیم غذایی PUFA مرتبط است (Bruce *et al.*, 1993; Bruce *et al.*, 1999).

لیپیدها دارای بیشترین ماده مغذی مورد مطالعه از نظر تغذیه مولدین هستند. بیشتر گونه‌های ماهی ترجیحاً از لیپیدها برای تأمین انرژی و رشد بدن استفاده می‌کنند. علاوه‌براین، لیپیدها منبع اسیدهای چرب ضروری (EFA) برای تشکیل غشاهای سلولی هستند. بنابراین، برای رشد موفقیت‌آمیز لارو حیاتی هستند (Migaud *et al.*, 2013). از این‌رو، بسیار مهم است که EFA کافی و بیش از حد مورد نیاز فراهم شود تا تولید لاروهای قوی و سالم امکان پذیر شود. این بدان معناست که مولدین ماده باید اسیدهای چرب تأمین کننده انرژی و EFA را از رژیم غذایی خود تامین کنند. شایان ذکر است، این مواد برای افزایش متابولیسم و تحویل اسیدهای چرب اشباع نشده چند زنجیره‌ای (LC-PUFAs)[5] که برای تولید موفق لارو لازم است، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[1] Essential fatty acids (EFAs)

[2] Docosahexaenoic acid (DHA)
[3] Eicosapentaenoic acid (EPA)
[4] Arachidonic acid (ARA)
[5] Long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]



شکل ۱: نمایی شماتیک از اسیدهای چرب ماهیان

با توجه به آنچه اشاره شد، مطالعه حاضر تاثیرات ناشی از اسیدهای چرب در تغذیه مولدین و اثرات آن بر کیفیت تخم و لارو را مورد بررسی قرار می‌دهد. این تحقیق با تمرکز بر برخی از گونه‌های مهم آزادماهیان (سالمونیدها)، کپورماهیان، ماهی باس و سیم‌ماهی، کفشک‌ماهیان و ماهیان خاویاری انجام شده است.

اسیدهای چرب

بسیاری از مطالعات، تأثیر لیپیدها و اسیدهای چرب بر سلامتی انسان را بررسی کرده‌اند. ماهی مهم‌ترین منبع اسیدهای چرب است. ماهی‌های ساردین، ماکرل، آنچوی و برخی از گونه‌های آزادماهی، سرشار از EPA و DHA هستند. در این ماهی‌ها، نسبت اسید چرب n-3 به اسید چرب n-6 نزدیک است. از آن‌جایی‌که ماهیان نمی‌تواند این اسیدهای چرب را سنتز کند، نیاز است که آنها را از غذایی که مصرف می‌کنند، به‌دست آورند (Falk-Petersen *et al.*, 1998). ترکیب اسیدهای چرب در ماهی‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد که از جمله آنها می‌توان به محیط آبزیان (آب دریا، آب شیرین و آب سرد یا گرم) و خصوصیات بیولوژیک، فیزیکی و شیمیایی آن اشاره کرد. همچنین تغییرات فصلی، مهاجرت، بلوغ جنسی، دوره تخم‌ریزی و عادات تغذیه‌ای بر ترکیب لیپید/اسید چرب تأثیر می‌گذارند (Aras *et al.*, 2002) (شکل ۱).

استفاده از روغن‌های گیاهی

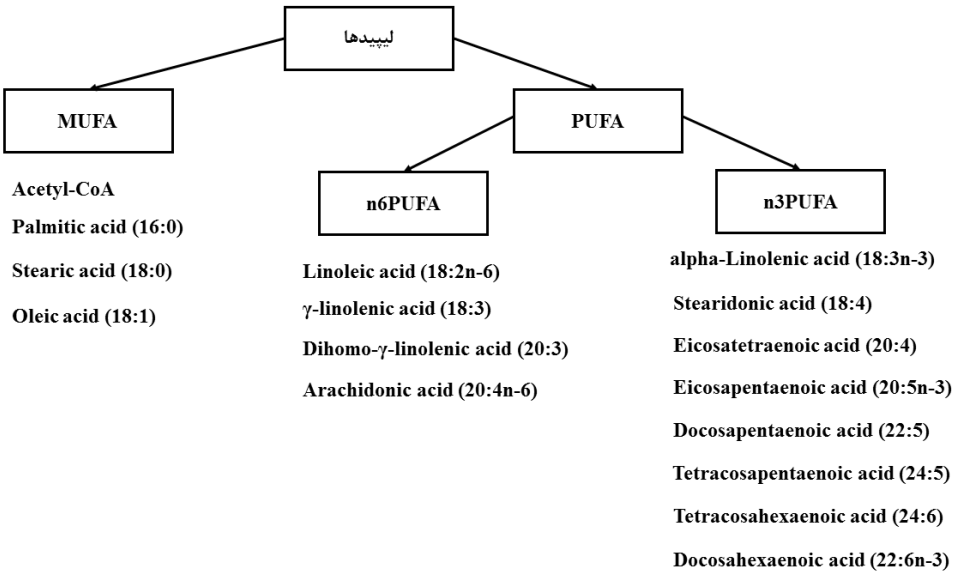
روغن‌های گیاهی (VO)[1] به دلیل کاهش دسترسی به روغن ماهی به طور گسترده در رژیم‌های غذایی ماهیان به عنوان منابع چربی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Muralisankar *et al.*, 2014). این نوع از منابع چربی با موفقیت در جیره گونه‌های مختلف ماهی مانند قزل آلای رنگین‌کمان (۲۱/۳ درصد وزن تر ماهی) بدون ایجاد اختلال در عملکرد رشد ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Strobel *et al.*, 2012). در سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicas*) رشد بهینه با روغن‌های گیاهی حاصل نمی‌شود، اما وضعیت سلامت ماهی طبیعی است .ترکیب اسیدهای چرب روغن ماهی و روغن‌های گیاهی کاملاً متفاوت هستند. ترکیب اسیدهای چرب غذا نقش بسیار مهمی در تعادل اکسیدکنندگی-آنتی اکسیدانی دارد . برای مثال، اسیدهای چرب اشباع نشده (PUFAs) عامل ایجادکننده استرس اکسیداتیو هستند. PUFA حساس به اکسیداسیون و رادیکال‌های اکسیژن است که می تواند برای سلول‌ها سمی باشد (Khezrian *et al.*, 2020). در چندین مطالعه، اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن های گیاهی بر دفاع آنتی اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفته است (Kutluyer *et al.*, 2017). مجموع این تحقیقات نشان دادند

[1] Vegetable oils (VO)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

که رژیم غذایی مولدین می‌تواند بر رشد فرزندان موثر باشد (Migaud *et al*., 2013).

روغن ماهی بهترین منبع اسیدهای چرب (شکل ۲) برای جیره‌های تجاری آبزی‌پروری محسوب می‌شود، اما به دلیل هزینه‌های مالی و اثرات زیست‌محیطی آن، استفاده از این منبع برای تغذیه و تولید ماهیان آب شیرین با چالش همراه شده است. از روغن گیاهی برای جایگزینی پایدار یا کامل روغن ماهی در برخی از رژیم‌های ماهی (تغذیه جنین)، استفاده شده است (Babalola *et al*., 2011). روغن ماهی‌های دریایی دارای غلظت بالایی از اسیدهای DHA، EPA و سطح قابل توجهی از ARAهستند که در روغن‌های گیاهی وجود ندارند (Migaud *et al*., 2013). این اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلند (PUFAs) برای رشد طبیعی ماهی ضروری هستند و تنظیم پاسخ هورمون‌های استروئیدی که بر رشد غدد جنسی، بلوغ جنسی و چرخه تولیدمثل تأثیر می‌گذارند، برعهده دارند (Ferosekhan *et al*., 2020).



شکل ۲: انواع اسیدهای چرب ماهیان

اگرچه در روغن‌های گیاهی ARA، EPA و DHAوجود ندارند، اما این ترکیبات در ماهیان آب شیرین به‌واسطه پیش‌سازهای اسیدچرب مانند اسیدهای لینولئیک (LA) و لینولنیک (LNA) تولید می‌شوند. اکثر ماهیان آب شیرین می‌توانند LA را به ARA، و LNA را به EPA و متعاقباً به DHA، از طریق اشباع شدن تبدیل کنند (Hilbig *et al*., 2019). با این حال، تعاملات رقابتی بین LA و LNA رخ می‌دهد، زیرا این دو اسیدچرب برای آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز ARA، EPA و DHA رقابت می‌کنند (Migaud *et al*., 2013). در بسیاری از مطالعات نسبت اسیدهای چرب n3/n6 در رژیم غذایی ماهیان پرورشی به‌ویژه مورد توجه قرارگرفته است (Furuita *et al*., 2007)، زیرا نسبت اسیدهای چرب (EPA/ARA/DHA, n3/n6) به طور مستقیم بر ترکیب و کیفیت تخم در یک گونه تأثیر می‌گذارد (Ng and Wang, 2011; Hilbig *et al*., 2019).

کپورماهیان

به طور کلی، در مقایسه با مطالعات مربوط به نقش پروتئین در تغذیه و در مقایسه با سایر گونه‌های ماهی، تحقیقات بسیار اندکی در زمینه نقش چربی در رژیم غذایی کپورماهیان انجام شده است. در مطالعه Khan و همکاران (۲۰۰۴) که بر تاثیر پروتئین بر عملکرد تخم و لارو را در کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شد، مولدین کپور علف‌خوار از جیره‌های غذایی فرموله شده با پروتئین ۲۰٪، ۲۵٪، ۳۰٪، ۳۵٪ و ۴۰٪ تغذیه شدند. بیشترین افزایش وزن در ماهیانی که از رژیم‌های

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

پروتئینی ۳۰٪ و ۳۵٪ تغذیه کردند، مشاهده شد. این در حالی است که مقادیر شاخص گنادوسوماتیک، میزان لقاح و قابلیت تفریخ در این ماهیان شبیه ماهیانی بود که با رژیم ۲۵٪ پروتئین، تغذیه شدند.

در مطالعه Nandi و همکاران (۲۰۰۷) بر کپور هندی (*Catla catla*)، یک رژیم غذایی کنترل شده که فاقد هر نوع LC-PUFA بود، با رژیم غذایی آزمایشی که همراه با ۱۰ درصد پودر ماهی و ۱ درصد روغن ماهی بود، طی یک دوره ۲ ساله مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که پاسخ تخم‌ریزی در ماهیان تغذیه شده (۹۶٪) در مقایسه با گروه کنترل (۷۶٪) بیشتر بود و علاوه‌براین، کیفیت تخم و لارو با تغذیه از لیپیدها بهبود یافت. همچنین افزایش میزان لقاح و بقاء لارو در گروه تغذیه مشاهده شد. Demir و Sargoz (۲۰۱۹) دریافتند که ماهیان آب شیرین در رژیم غذایی خود به اسید لینولئیک (AL)، اسید لینولنیک (ALA) یا هر دو نیاز دارند در حالی که ماهیان دریایی به اسیدهای EPA و DHA احتیاج دارند. با این‌حال، این پژوهشگران گزارش کردند که مکمل‌های غذایی DHA بر میزان تفریخ در کپورهای معمولی تأثیر مثبت می‌گذارد. با وجود این، نیازهای اسیدهای چرب لاروهای ماهیان زینتی به اندازه کافی بررسی نشده است (Bruce *et al.*, 1993). Demir و Sargoz (۲۰۱۹) بیان داشتند که در خوراک ماهی، استفاده از روغن ماهی ضمن گران بودن، به‌راحتی اکسید می‌شود. بنابراین، لازم است تا حدی یا کاملاً آن را با روغن‌های گیاهی جایگزین نمود. تحقیقات نشان داده است که گنجاندن روغن‌های گیاهی غیراشباع در رژیم‌های غذایی لارو ماهیان، رشد و بقاء آنها را افزایش می‌دهد (Geurden *et al.*, 1999). در مطالعه Parameshwaran و همکاران (۲۰۰۲) نیازهای غذایی اسیدهای چرب n-3 برای ماهی قرمز (*Carassius auratus*) و کپور معمولی ۰/۱-۰/۰۵ درصد بود. Gordon و همکاران (۱۹۹۹) دریافتند که سطوح پایین اسیدهای چرب بسیار اشباع نشده (HUFA) در رژیم غذایی این ماهیان منجر به مرگ‌ومیر لاروها شد. Radunz-Neto و همکاران (۱۹۹۶) از جمله پژوهشگرانی بودند که نیازهای ضروری برای اسیدهای چرب را در لاروهای کپور معمولی بررسی کردند. در این تحقیق، از روغن‌های ماهی، روغن گیاهی و ترکیب این دو استفاده شد. نتایج نشان داد که بقاء و رشد با سطوح بالاتر اسیدهای چرب بهبود نیافت. همچنین این مطالعه نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند رژیم غذایی مطلوب را برای ماهی کپور معمولی تشکیل دهد.

آزادماهیان

آزادماهیان نسبت به اکثر گونه‌های دریایی دارای مزیت هستند، زیرا اندازه تخم آنها بسیار بزرگتر است. تخم این ماهیان قادر است مواد مغذی بیشتری را نسبت به اکثر تخم‌های دریایی ذخیره کند. بنابراین، پرورش آزادماهیان آسان‌تر است (Migaud *et al.*, 2013). به همین دلیل، تحقیقات صورت گرفته مربوط به تخم و مولدین در آزادماهیان بسیار کمتر از گونه‌های دریایی است. با این‌حال، هنگام تهیه رژیم‌های غذایی مولدین برای هر گونه ماهی، تجزیه‌وتحلیل ترکیب اسیدهای چرب تخم‌های وحشی مفید است، زیرا این اطلاعات می‌تواند برای بهینه‌سازی فرمولاسیون‌های غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

Ballestrazzi و همکاران (۲۰۰۳) قزل‌آلای رنگین‌کمان را به مدت ۱۶۸ روز با چهار رژیم غذایی آزمایشی حاوی روغن شاه‌ماهی، روغن جگر ماهی و روغن نارگیل تغذیه نمودند. ترکیب رژیم‌های به‌ترتیب غذایی عبارت بودند از: الف) ۱۰-۱-۱۲ درصد؛ ب) ۶-۱-۶ درصد؛ ج) ۱۲-۱-۰ درصد، و د) ۱۳-۰-۰ درصد. در این مطالعه، از نظر مقدار تخم، وزن متوسط تخم و میزان چربی تفاوت معنی‌داری در تیمارها مشاهده نشد. با این‌حال، پروفایل اسیدهای چرب تخم به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر رژیم های غذایی قرار گرفت. محتوای اسیدهای چرب اشباع نشده به‌ویژه اسیدهای چرب سری n-3 شامل EPA و DHA با افزایش سطح روغن نارگیل در رژیم غذایی به طور قابل‌توجهی کاهش یافت (Ballestrazzi *et al.*, 2003).

Khezrian و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی مختلف در رژیم های غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر توسعه دفاع آنتی اکسیدانی تخم و لارو پرداختند. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر تغذیه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با نسبت‌های مختلف روغن‌های گیاهی برای ارزیابی تغییرات وضعیت دفاعی آنتی اکسیدانی در لاروها انجام شد. در رژیم‌های غذایی، روغن ماهی با ترکیبی از چهار روغن مختلف (روغن ذرت، روغن زیتون، روغن آفتابگردان و روغن نارگیل)، جایگزین شد تا سطوح مختلفی از اسیدهای چرب اشباع نشده (PUFA) و اسیدهای چرب بسیار غیراشباع (HUFA) در بدن دریافت شود. در این

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

آزمایش، ماهی‌ها هشت هفته قبل از تولیدمثل با رژیم‌های آزمایشی تغذیه کردند. پس از تخم‌ریزی، نمونه‌ها در روزهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ پس از لقاح گرفته شد. نتایج نشان داد که فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) به طور قابل‌توجهی از اولین نمونه‌گیری تا روز ۳۵ در همه گروه‌های تیماری افزایش یافته است (Khezrian *et al*., 2020). سوپراکسید دیسموتاز آنزیمی است که به طور متناوب رادیکال سوپراکسید (O_2^-) را به اکسیژن مولکولی (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) کاتالیز می‌کند. سوپراکسید به عنوان یک محصول جانبی از متابولیسم اکسیژن تولید شده و اگر تحت کنترل قرار نگیرد، باعث بسیاری از آسیب‌های سلولی می‌شود (Thayyan *et al*., 2016). پراکسید هیدروژن نیز مضر است و به‌وسیله سایر آنزیم‌ها (کاتالاز)، تجزیه می‌شود. بنابراین، SOD یک دفاع آنتی‌اکسیدانی مهم در تقریباً تمام سلول‌های زنده می‌باشد. در تحقیق مذکور، فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) روند نزولی نشان داد، زیرا بالاترین فعالیت CAT بلافاصله پس از لقاح در تخمک‌ها مشاهده شد (Khezrian *et al*., 2020). کاتالاز یک آنزیم رایج است که تقریباً در تمام موجودات زنده در معرض اکسیژن (باکتری‌ها، گیاهان و حیوانات) یافت می‌شود که تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن را کاتالیز می‌کند. شایان ذکر است، آنزیم CAT یک آنزیم بسیار مهم در محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو است (Uchelikani *et al*., 2004). در این تحقیق، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) تا روز پنجم کاهش یافت و سپس روند افزایشی را نشان داد (Khezrian *et al*., 2020). گلوتاتیون پراکسیداز نام کلی یک خانواده آنزیمی با فعالیت پراکسیداز است که نقش اصلی بیولوژیک آن محافظت از ارگانیسم در برابر آسیب اکسیداتیو است (Muthukumar and Nachiappan, 2010). در مطالعه Khezrian و همکاران (۲۰۲۰) محتوای مالون دی آلدئید (MDA) تغییرات قابل‌توجهی در گروه‌های مختلف و در زمان‌های نمونه‌گیری متفاوت نشان نداد (Khezrian *et al*., 2020). مالون دی آلدئید یکی از محصولات نهایی حاصل از پراکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده در سلول است. افزایش رادیکال‌های آزاد باعث تولید بیش از حد مالون دی آلدئید می‌شود. سطح مالون دی‌آلدئید معمولاً به عنوان نشانگر استرس اکسیداتیو و وضعیت آنتی‌اکسیدانی در نظر گرفته می‌شود (Pettersson, 2010). فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر سطح PUFA رژیم غذایی در گروه‌های آزمایشی بود، اما هیچ تغییری در محتوای مالون دی آلدئید (MDA) ثبت نشد. نتایج نشان داد که درصدهای مختلف جایگزینی روغن‌های گیاهی به جای روغن ماهی در این مطالعه نمی‌تواند منجر به استرس اکسیداتیو در مراحل اولیه زندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان شود.

در مطالعه Pettersson (۲۰۱۰) گزارش گردید که همراه با افزایش تولید گونه‌های آبزی و افزایش مصرف ماهی به دلیل ازدیاد جمعیت انسانی، تقاضای غذا تنها با افزایش تولید آبزیان قابل تامین است. روغن ماهی (FO) که به طور انحصاری از ماهی‌های وحشی مشتق شده است، به طور سنتی به عنوان منبع اصلی چربی در خوراک ماهی استفاده می‌شود. بسیاری از محققان بیان داشتند به منظور توسعه پایدار آبزی‌پروری ضروری است که روغن ماهی با منابع چربی پایدارتر جایگزین شود. Pettersson (۲۰۱۰) اثرات جایگزینی روغن ماهی با دو روغن گیاهی را بر رشد، محتوای چربی، ترجیح غذایی و عملکرد شنا دو گونه سالمونید شامل قزل‌آلای رنگین‌کمان و آزادماهی قطب شمال (*Salvelinus alpinus*) بررسی کرد. علاوه‌براین، مقایسه محتوای چربی و ترکیب آن با ماهی‌های وحشی برای نشان دادن اهمیت شبکه‌های غذایی طبیعی برای تولید موفق گونه‌های خاص ماهی انجام شد. نتایج حاصله هیچ‌گونه تأثیر منفی بر رشد ماهیان تغذیه شده با روغن‌های گیاهی نشان نداد. در این مطالعه، اثرات کاهش کلسترول در ماهیان تغذیه شده با روغن کلزا مشاهده شد که با توجه به وجود فیتوسترول‌ها در رژیم غذایی قابل توجیه است. نتایج نشان داد که عملکرد شنای آزادماهی قطب شمال که از مخلوطی از روغن کلزا و روغن پالم استفاده کرده بود، کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که اضافه شدن روغن پالم به جیره غذایی، نه‌تنها عملکرد رشد و شنای ماهی را بهبود نمی‌بخشد بلکه بر اثربخشی روغن کلزا نیز تاثیرات منفی برجای می‌گذارد . نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب مناسب روغن‌های گیاهی و ماهی می‌تواند جایگزین استفاده تنها از روغن ماهی در خوراک ماهیان شود. با این‌حال، محققان و تولید کنندگان خوراک باید تشویق شوند تا تنوع خوراک را افزایش دهند تا نیازهای تغذیه‌ای ماهیان پرورشی را بهینه‌سازی کنند (Pettersson, 2010).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

ماهیان خاویاری

ماهیان خاویاری گونه‌هایی با اهمیت بیولوژیک (تکاملی، جغرافیایی، ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک) و اقتصادی (اکولوژیک، تفریحی و آبزی‌پروری) بالا هستند (Froese and Pauly, 2021). تاکنون، ۲۷ گونه در خانواده Acipenseridae گزارش شده است که ۴ گونه از آنها در حال انقراض هستند (Birstein, 1993). از ۲۳ گونه باقی‌مانده، ۲ گونه در جنس *Huso*، ۲ گونه در جنس *Scaphirhynchus*، ۳ گونه در جنس *Pseudoscaphirhynchus* و ۱۶ گونه در جنس *Acipenser* گروه‌بندی شدند (Birstein, 1993; Billard and Lecointre, 2001).

ماهیان خاویاری نام متداول ۲۷ گونه ماهی متعلق به خانواده Acipenseridae است. تاکنون ترکیب شیمیایی و اسیدهای چرب بافت ماهیچه در برخی از گونه‌ها و هیبریدهای ماهیان خاویاری (ماهیان خاویاری روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*)، ماهیان خاویاری سیبری (*Acipenser baerii*) و هیبرید (*Acipenser baerii* × *Acipenser gueldenstaedtii*) مورد بررسی قرار گرفته است. ترکیب شیمیایی و درصد اسیدهای چرب در بین گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری بسیار متغیر است و حتی در درون افراد گونه نیز متفاوت است (Badiani *et al*., 1996). در بسیاری از تحقیقات رابطه منفی بین میزان چربی و آب در عضله ماهیان خاویاری مشاهده شد (Ljubojevic *et al*., 2013). محتوای چربی در گوشت گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری پرورشی متفاوت بود و درصد گزارش شده ۱۵-۵ درصد متغیر بود (Badiani *et al*., 1996, 1997).

در مطالعه Atshani و همکاران (۲۰۱۲) اثرات استفاده از روغن ماهی و روغن‌های گیاهی (ذرت و آفتابگردان) بر ترکیب بیوشیمیایی و سطوح اسیدهای چرب موجود در لاشه بچه تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، سه تیمار مورد مقایسه قرار گرفتند که تیمار اول حاوی ۱۰۰ درصد روغن ذرت، تیمار دوم شامل ۱۰۰ درصد روغن آفتابگردان و تیمار سوم حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی بود. نتایج نشان داد که لارو تاس‌ماهیان ایرانی از جیره‌ای که حاوی روغن ماهی بود، پروتئین بیشتری جذب کردند. بنابراین، استفاده از روغن ماهی، علاوه بر تاثیرات مثبتی که بر سلامت لارو ماهیان دارند، به جذب سایر مواد ضروری بدن نیز کمک می‌کنند. با توجه به این موضوع، ترکیب اسیدهای چرب در جیوه بسیار حائز اهمیت است. همچنین حضور اسیدهای چرب سری n-3PUFA و n-6PUFA، در روغن‌های گیاهی به‌خصوص روغن آفتابگردان بسیار سودمند است و می‌تواند در عرصه کاهش هزینه‌های پرورش ماهیان در مراحل ابتدایی حیات و دوران لاروی مورد استفاده قرار گیرد.

در مطالعه Pourhosein و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر روغن ماهی و کلزا بر عملکرد رشد، ترکیب اسیدهای چرب تخم و کیفیت فرزندان در تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات طولانی مدت (۷ ماهه) رژیم‌های غذایی شامل روغن ماهی (ماهی کیلکا) و روغن گیاهی (کلزا) بر عملکرد تولیدمثل تاس‌ماهیان ایرانی بود. برای این منظور، سه رژیم غذایی تجربی با سطوح درجه‌بندی روغن ماهی (FO: ۱۰۰ درصد)، روغن گیاهی (VO: ۱۰۰ درصد) و ترکیبی از روغن ماهی و روغن گیاهی (هر کدام ۵۰ درصد) فرموله شد. نتایج نشان داد که تغذیه مولدین با رژیم غذایی شامل ترکیب FO + VO می‌تواند بر عملکرد رشد لاروها در مقایسه با رژیم‌های روغن ماهی یا روغن گیاهی تأثیر مثبت بگذارد. علاوه‌براین، مقادیر بالای 18:1n-9، محتوای اسید لینولئیک (AL)، اسید لینولنیک (ALA) در تخمک‌های موجود در مولدین تغذیه شده با روغن گیاهی مشاهده شد، این در حالی است که کمترین میزان اسید لینولنیک در تخمک‌های موجود در مولدین تغذیه شده با روغن ماهی وجود داشت. در این مطالعه، میزان بازماندگی در مولدین تغذیه شده با روغن گیاهی و روغن ماهی به‌ترتیب ۸۲ و ۶۵ درصد تعیین گردید، این در حالی است که میزان بازماندگی در مولدین تغذیه شده با ترکیب روغن ماهی و روغن گیاهی (FO+VO) ۹۴ درصد گزارش شد. به طور کلی، در این مطالعه به‌خوبی نقش مهم رژیم‌های غذایی را در فرآیند تولیدمثل و عملکرد رشد جنین و لاروها منعکس گردید.

کفشک‌ماهیان

کفشک‌ماهیان گروهی از گونه‌های پهن هستند. این ماهیان در نزدیکی کف بستر و در بخش‌های تحتانی اقیانوس‌ها در سراسر جهان یافت می‌شوند. البته برخی از گونه‌ها نیز وارد مصب‌ها می‌شوند (Froese and Pauly, 2021). پرورش کفشک‌ماهیان با افزایش طیف وسیعی از گونه‌های پرورشی طی ۱۰ سال گذشته گسترش یافته است (FAO, 2021).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

در مطالعه Furuita و همکاران (۲۰۰۲) کفشک‌ماهی ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) با رژیم‌های غذایی حاوی ۰/۴، ۰/۸ و ۲/۱ درصد ماده خشک به عنوان n-3 LC-PUFA به مدت ۳ ماه قبل و در حین تخم‌ریزی تغذیه شدند. نتایج نشان داد که درصد بقاء لارو در ۳ روز پس از تفریخ و شاخص تحمل گرسنگی با مصرف n-3 LC-PUFA رژیم غذایی ارتباط مثبتی نشان داشت. علاوه‌براین، میزان ARA نیز همراه با بهبود کیفیت تخم افزایش یافت (Furuita *et al*., 2002). در آزمایش بعدی، با استفاده از همان گونه، ماهی‌ها به مدت ۲ ماه قبل و در حین تخم ریزی با سطح بالاتری از n-3 LC-PUFA (۲/۱ درصد، ۴/۸ درصد و ۶/۲ درصد از رژیم غذایی خشک) تغذیه شدند. اگرچه شاخص‌های کیفیت تخم از جمله درصد تخم‌های شناور، میزان تفریخ و درصد لاروهای طبیعی در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی n-3 LC-PUFA به میزان ۲/۱ درصد بیشترین بود، اما تولید تخم در ماهیانی که دارای بالاترین سطح n-3 LC-PUFA بودند، بیشتر بود (Furuita *et al*., 2002; Migaud *et al*., 2013). نتایج نشان داد که ۲/۱ درصد n-3 LC-PUFA به عنوان درصد رژیم غذایی خشک می‌تواند سطح مطلوبی برای کفشک ماهی ژاپنی باشد و غلظت های بالاتر ممکن است مضر باشد. در مطالعه Lavens و همکاران (۱۹۹۹) عدم محافظت آنتی‌اکسیدانی گزارش گردید. این پژوهشگران کاهش کیفیت تخم را در توربوت تغذیه شده با n-3 LC-PUFA مشاهده کردند. از این حالت با افزودن ویتامین‌های E و C پشتیبانی شد که باعث بهبود نرخ تفریخ توربوت تغذیه شده با n-3 LC-PUFA می‌شود (Lavens *et al*., 1999). در کفشک ماهیان تغذیه شده با غذای غنی از اسید ARA (۰/۱ درصد، ۰/۶ درصد و ۱/۲ درصد رژیم غذایی خشک) به مدت سه ماه قبل و هنگام تخم‌ریزی، بیشترین تولید تخم در ماهیانی که از رژیم غذایی ۰/۶ درصد تغذیه کردند و کمترین آن در رژیم ۱/۲ درصد مشاهده شد (Furuita *et al*., 2002). افزایش ARA در رژیم غذایی باعث کاهش میزان EPA تخم شد و این مسئله می‌تواند عاملی برای کاهش کیفیت تخم در ماهیان تغذیه شده با ۱/۲ درصد ARA باشد. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش بیش از اندازه ARA در رژیم غذایی نه‌تنها تاثیر مثبتی بر کیفیت تخم ندارد بلکه به‌واسطه تغییر میزان سایر اسیدهای چرب نیز موجبات کاهش کیفیت آن را به‌همراه دارد. در پرورش اولیه هالیبوت آتلانتیک (*Hippoglossus hippoglossus*) از رژیم‌های غذایی مرطوب استفاده می‌شد که اگرچه گاهی موفقیت‌آمیز بود اما ذخیره آن دشوار بود و خطر انتقال عوامل بیماری از ماهیان فاسد را افزایش می‌داد. دو رژیم غذایی فرموله شده همراه با کنجاله کریل، یا روغن ماهی تُن، غنی از DHA و ARA، با یک رژیم غذایی مرطوب مقایسه شد. نتایج نشان داد که دو خوراک فرموله شده از نظر باروری نسبی و میزان لقاح عملکرد مشابهی با رژیم غذایی مرطوب دارند. در یک آزمایش دوم، کیفیت تخم‌ریزی و عملکرد تخم در مولدین تغذیه شده با دو رژیم غذایی که فقط در محتوای اسید آراشیدونیک آنها متفاوت بود یا ۰/۴ درصد یا ۱/۸ درصد از کل اسیدهای چرب، در طول دو فصل تخم‌ریزی متوالی انجام شد، مقایسه شدند. غلظت بالاتر ARA منجر به‌افزایش میزان باروری (۵۹درصد)، امتیاز مورفولوژی بلاستومر (۱۴/۲ درصد) و میزان تفریخ (۵۱ درصد) در مقایسه با گروه ARA شد که مقادیر آن برای هر کدام از شاخص‌های مذکور به‌ترتیب برابر با ۳۱ درصد، ۱۲/۵ درصد و ۲۸ درصد بود (Mazorra *et al*., 2003).

در مطالعه Lund و همکاران (۲۰۰۸) ترکیبات اسیدهای چرب تخم و شاخص‌های کیفیت تخم در کفشک‌ماهیان (*Solea solea*) وحشی صید شده و پرورشی مورد مقایسه قرار گرفت. تخم‌های حاصل از ذخایر پرورشی سطح بالاتری 18:2n-6، 18:3n-6 و 20:1n-9 داشتند، در حالی‌که تخم‌های وحشی از نظر 16:1n-7، 20:4n-6 و 20:5n-3 غالب بودند. رشد لارو بین گروه‌های وحشی و پرورشی مقایسه گردید و نتایج نشان داد اگرچه رشد لارو با منشا مولد ارتباط نداشت، اما ترکیب اسیدهای چرب، اندازه تخم یا لارو و بقاء لاروی در لاروهای پرورشی بسیار کمتر بود. Lavens و همکاران (۱۹۹۹) و Montero و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تغذیه برای ۳-۲ ماه قبل از فصل تولیدمثل، با n-3 و n-6 HUF منجر به افزایش قطر تخم، قطر گویچه روغن و میزان لقاح می‌شود.

سی‌باس و ماهی سیم

در حال حاضر، سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) و سیم‌ماهی گیلت‌هِد (*Sparus aurata*) بیشترین میزان پرورش در بین گونه‌های دریایی در جنوب اروپا را به‌خود اختصاص داده‌اند و به طور گسترده در سراسر اروپا و فراتر از آن، به‌فروش می‌رسند (Halver, 2021; FAO, 2021). بیشتر ماهیان دریایی، اندازه تخم در مقایسه با آزادماهیان کم است به‌طوری‌که بیشترین قطر آن حدود یک میلی‌متر در مقایسه با ۶-۵ میلی‌متر

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

در ماهی آزاد آتلانتیک مشاهده شد (Moffett *et al*., 2006). بنابراین، تخم باید حاوی تمام مواد مغذی ضروری و مورد نیاز برای رشد سریع باشد به‌طوری‌که لاروهای کیسه زرده دارای انرژی کافی و اسیدهای چرب ضروری (EFA)، اسیدهای آمینه (AA)، ویتامین‌ها و مواد معدنی باشند تا بتوانند در اولین تغذیه موفق عمل کنند (Conceição and Tandler, 2018).

سی‌باس مانند تمام گونه‌های دریایی پرورشی قادر به سنتز زنجیره بلند EFA، EPA، DHA و ARA از پیش‌سازهای زنجیره کوتاه C18، 18:2n-6 و 18:3n-3 نیست. بنابراین، لازم است که این EFA و اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در مقادیر کافی در اختیار مولد قرار گیرند تا رشد بهینه غدد جنسی صورت گیرد. تخمین زده می‌شود، در ماهیان دریایی نوجوان ۰/۱-۵/۷ درصد رژیم غذایی خشک باید شامل اسیدهای چرب n-3با زنجیره بلند (n-3 LC-PUFA) باشد (Migaud *et al*., 2013). با این حال، با توجه به رشد سریع لاروها و شاخص Neurosomatic بالا در لاروهای کوچک ممکن است موارد مورد نیاز بیش از این مقادیر باشد. کمبود n-3 LC-PUFA در اوایل تغذیه لارو می تواند باعث نقص رشد در سیستم عصبی شود که می‌تواند بر عملکرد بینایی و گرفتن طعمه تأثیر بگذارد (Bell *et al*., 1995).

اگرچه استفاده از رژیم‌های غذایی مرطوب، خطر انتقال بیماری را به‌همراه دارد، اما بسیاری از مولدین ماهی سیم به میزان زیادی به رژیم‌های غذایی مرطوب وابسته هستند (Pérez *et al*., 2007). بر طبق مطالعات انجام شده، افزایش ARA و DHA در رژیم غذایی سیم‌ماهی گیلت‌هِد اثرات مفیدی بر کیفیت تخم و لارو داشته است. بنابراین، استفاده از رژیم‌های غذایی مرطوب در گونه‌های دریایی (ماهی سیم)، میزان بیشتری از ARA و DHA را برای رشد اولیه تخم و لارو فراهم می‌کنند. این در حالی است که روغن ماهی پتانسیل کمی برای تأمین اسیدهای چرب ضروری به منظور نیازهای رشد و نمو دارد. مقادیر بالای ARA و DHA در رژیم غذایی مرطوب بهترین رشد و بقاء را برای سیم دریایی به ارمغان می‌آورد. باید خاطر نشان کرد که رژیم‌های غذایی خشک در مقایسه با جیره‌های مرطوب (که می‌توانند مستعد خطر بیماری و زوال کیفیت خوراک باشند)، می‌توانند سطح تغذیه‌ای یکسان یا بهتری را برای لارو ماهیان دریایی فراهم کنند (Bruce *et al*., 1993, 1999).

اولین بار Rodríguez و همکاران (۱۹۹۸) اثرات مصرف n-3 LC-PUFA را در رژیم‌های غذایی سیم‌ماهی گیلت‌هِد گزارش کردند. در این مطالعه، رژیم‌های غذایی حاوی ۱/۸ درصد n-3 LC PUFAبا رژیم‌های غذایی فاقد n-3 LC PUFA مورد مقایسه قرار گرفتند. سطح بالاتر n-3 PUFA در رژیم‌های غذایی منجر به گسترش EPA و DHA در بخش‌های لیپیدی بافت‌ها شده و موجب افزایش کیفیت تخم شد (Rodríguez*et al*., 1998). در مطالعه بعدی با پرورش مولدین دریایی، بقاء تخم‌ها افزایش یافت و تخم‌های غیرطبیعی و غیربارور هنگامی که با بیش از ۱/۶ درصد n-3 LC-PUFA تغذیه شدند، کاهش یافتند. با این‌حال، در بالاترین سطح n-3 (۳/۱۵ درصد)، کاهش باروری و هایپرتروفی کیسه زرده مشاهده شد. محتوای n-3 LC-PUFAتخم‌ها، با n-3 و عمدتاً EPA همبستگی مثبتی داشت (Fernandez-Palacios *et al*., 1995).

در مطالعه Almansa و همکاران (۱۹۹۹) ماهیان سیم دریایی که با یک رژیم غذایی n-3 LC-PUFA حاصل از روغن ماهی تغذیه می‌کردند، با ماهیان دیگری که از رژیم غذایی فاقد n-3 LC-PUFA (حاوی روغن‌های زیتون و دانه کتان) تغذیه می‌کردند، مورد مقایسه قرار گرفتند. اگرچه تخم‌های حاصل از تخم‌ریزی اولیه تحت تأثیر رژیم‌های غذایی اواسط و اواخر فصل قرار نگرفتند، اما کاهش n-3 LC-PUFA در تخم ماهیانی که از رژیم غذایی فاقد n-3 LC-PUFAاستفاده می‌کردند، مشاهده شد (Almansa *et al*., 1999; Bruce *et al*., 1999).

در مطالعه Cejas و همکاران (۲۰۰۳) بر سیم دریایی سفید (*Diplodus sargus*)، ترکیبات اسیدهای چرب در تخمدان حاصل از ماهیان وحشی و پرورشی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که هیچ تفاوتی بین سطح DHA تخمدان در ماهیان وحشی و پرورشی وجود ندارد، اگرچه EPA افزایش یافت و ARA در ماهیان پرورشی در مقایسه با وحشی کاهش یافت، اما نسبت‌های EPA/ARA در اولی ۵/۴۵ و در دومی ۱/۶۱ بود. با توجه به اهمیت ARA در فرآیندهای تولیدمثل و تأثیر ARA و EPA در تولید ایکوزانوئید بافتی، احتمالاً حفظ هر دو L-PUFA n-6و n-3 در مقادیر نزدیک به مقادیر وحشی به موفقیت تخم و لارو منجر خواهد شد (Cejas *et al*., 2003).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

چالش‌های پیش‌رو

هنوز تحقیقات زیادی در زمینه توسعه خوراک مولدین به ویژه برای گونه‌هایی که اخیراً در صنعت آبزی‌پروری معرفی شده‌اند، باید صورت گیرد. با این حال، انجام آزمایش‌ها با مولدین دشوار و گران است. این موضوع به‌ویژه هنگامی که برای تهیه داده‌های دقیق و آماری نیاز به تکرار است، مطرح می‌شود. به‌علاوه، شرکت‌های تولیدکننده خوراک نیز علاقه چندانی به انجام آزمایش‌ها ندارند. با توجه به این مسئله، لازم است محققین تحقیقات ویژه‌ای را انجام دهند. اگر چه اهمیت اسیدهای چرب در جیره بسیاری از گونه‌های پرورشی اثبات شده است، اما اثرات احتمالی رژیم‌های غذایی که دارای سطوح بالاتری از اسیدهای چرب هستند نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. علاوه‌براین، باید مشخص شود که آیا این رژیم‌ها برای کیفیت تخم و تولید لارو مضر هستند یا خیر، زیرا این رژیم‌های جایگزین احتمال دارد که برای برخی از گونه‌ها در آینده نزدیک استفاده شود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نقش اسیدهای چرب در تغذیه مولدین و اثرات آن بر کیفیت تخم و لارو ماهیان را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که استفاده از اسیدهای چرب در جیره غذایی گروه‌های مختلف ماهیان از جمله آزادماهیان، کپور ماهیان، ماهی باس و سیم‌ماهی و کفشک‌ماهیان از اهمیت زیادی برخوردار است. با این‌حال، آنچه در مورد اسیدهای چرب و چگونگی اثرگذاری آنها بر کیفیت تخم و لارو ماهیان مهم است نه‌تنها میزان اسیدهای چرب نیست بلکه مهم‌تر ترکیب گروه‌های مختلف اسیدهای چرب است که می‌تواند اثرات مستقیمی بر کیفیت تخم و لارو ماهیان داشته باشد. بررسی اکثر مطالعات نشان داد که استفاده توأم از رژیم‌های حاوی روغن گیاهی و روغن ماهی می‌تواند اثرگذاری بالاتری بر میزان رشد و نمو لاروها و کیفیت تخم ماهیان داشته باشد. با این‌حال، نباید نادیده گرفت که افزایش بی‌رویه میزان اسیدهای چرب در جیره غذایی ماهیان نیز اثرات زیان‌باری بر کیفیت تخم و لارو ماهیان خواهد داشت که این مسئله باید از دیدگاه آبزی‌پروری به طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. از بین منابع حاوی اسیدهای چرب، استفاده از مواد گیاهی می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی به‌جای روغن ماهی باشد. امید است یافته‌های ارائه شده در این مطالعه بتواند در زمینه مدیریت جیره ماهیان مولد و در نتیجه، تولید تخم‌ها و لاروهای باکیفیت مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Almansa, E., Pérez, M.J., Cejas, J.R., Badía, P., Villamandos, J.E. and Lorenzo, A., 1999. Influence of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) dietary fatty acids on egg quality and egg fatty acid composition throughout the spawning season. *Aquaculture*, 170, 323-336. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00415-3

Aras, N.M., Haliloğlu, H.İ. and Atamanalp, M., 2002. Balıklarda Yağ Asitlerinin Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3), 331-335.

Atshani, M.S., Ahabzadeh Rudsari, H.V. and Pajand, Z., 2012. The effect of using fish oil and vegetable oils (corn and sunflower) on biochemical composition and fatty acid levels of Acipenser persicus. *New Technologies in Aquaculture Development*, 6(4), 21-32. (In Persian)

Babalola, T.O., Apata, D.F., Omotosho, J.S. and Adebayo, M., 2011. Differential effects of dietary lipids on growth performance, digestibility, fatty acid composition and histology of African catfish (*Heterobranchus longifilis*) fingerlings. *Food and Nutrition Sciences*, 2, 11-21. https://doi.org/10.4236/fns.2011.21002

Badiani, A., Anfossi, P., Fiorentini, L., Gatta, P.P., Manfredini, M. and Nanni, N., 1996. Nutritional composition of cultured sturgeon (*Acipenser* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 171-190. https://doi.org/10.1006/jfca.1996.0024

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

Badiani, A., Stipa, S., Nanni, N., Gatta, P.P. and Manfredini, M., 1997. Physical indices, processing yields, compositional parameters and fatty acid profile of three species of cultured sturgeon (Genus Acipenser). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74: 257-264.

Ballestrazzi, R., Rainis, S., Tulli, F. and Bracelli, A., 2003. The effect of dietary coconut oil on reproductive traits and egg fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, 11, 289-299. https://doi.org/10.1023/A:1024876024720

Baroni, L., Rizzo, G., Zavoli, M. and Battino, M.A., 2024. Plant-Based Food Guide Adapted for Low-Fat Diets: The VegPlate Low-Fat (VP_LF). *Foods*, 13(24), 4050. https://doi.org/10.3390/foods13244050

Bell, J.G., Castell, J.D., Tocher, D.R., MacDonald, F.M. and Sargent, J.R., 1995. Effects of different dietary arachidonic: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 14, 139-151. https://doi.org/10.1007/BF00002457

Billard, R. and Lecointre, G., 2001. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10, 355-392. https://doi.org/10.1023/A:1012231526151

Birstein, V.J., 1993. Sturgeons and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation. *Conservation Biology*, 7, 773-787. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.740773.x

Bruce, M.P., Shields, R.J., Bell, M.V. and Bromage, N.R., 1993. Lipid class and fatty acid composition of eggs of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), in relation to egg quality in captive broodstock. *Aquaculture Research*, 24(3), 417-422. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1993.tb00565.x

Bruce, M., Oyen, F., Bell, J., Asturiano, J.F., Farndale, B. and Carillo, M., 1999. Development of broodstock diets for the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acids to reproductive performance. *Aquaculture*, 177, 85-97. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00071-X

Cejas, J.R., Almansa, E., Villamandos, J.E., Badia, P., Bolanos, A. and Lorenzo, A., 2003. Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of while sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture*, 216:299-313. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00525-2

Conceição, L. and Tandler, A., 2018. *Success factors for fish larval production*. 1st edition. Wiley-Blackwell, New Jersey, USA.

Demir, O. and Sargoz, S., 2019. The effects of different feeding times and diets on the whole-body fatty acid composition of goldfish (*Carassius auratus*) larvae. *Journal of Food Science and Technology*, 39, 1-11. https://doi.org/10.1590/fst.01018

Engdaw, F. and Geremew, A., 2024. Broodstock nutrition in Nile tilapia and its implications on reproductive efficiency. *Frontiers in Aquaculture*, 30(1), 1-25. https://doi.org/10.3389/faquc.2024.1281640

Espinosa-Salas, S. and Gonzalez-Arias, M., 2025. Nutrition: Micronutrient Intake, Imbalances, and Interventions. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

Falk-Petersen, S., Sargent, J.R., Henderson, J., Hegseth, E.N., Hop, H. and Okolodkov, Y.B., 1998. Lipids and fatty acids in ice algae and phytoplankton from the Marginal Ice Zone in the Barents Sea. *Polar Biology*, 20(1), 41-47. https://doi.org/10.1007/s003000050274

FAO, 2021. *Food and Agriculture Organization*. Available from: http://www.fao.org/home/en. Accessed on 23 May 2021.

Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M. and Vergara, J.M., 1995. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132, 325-337. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00345-O

Ferosekhan, S., Xu H. and Turkmen, S., 2020. Reproductive performance of gilthead seabream (Sparus aurata) broodstock showing different expression of fatty acyl desaturase 2 and fed two dietary fatty acid profiles. *Scientific Reports*, 10, 15547. https://doi.org/10.1038/s41598-020-72166-5

Froese, R. and Pauly, D., 2021. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Available from: www.fishbase.org. Accessed on 25 May 2021.

Furuita, H., Tanaka, H., Yamamoto, T., Suzuki, N. and Takeuchi, T., 2002. Effects of high levels of n-3 HUFA in broodstock diet on egg quality and egg fatty acid composition of Japanese flounder, Paralichthys olivaceus. *Aquaculture*, 210:323-333. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00855-9

Furuita, H., Hori, K., Suzuki, N. and Yamamoto, T., 2007. Effect of n-3 and n-6 fatty acids in broodstock diet on reproduction and fatty acid composition of broodstock and eggs in the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, 267(1), 55-61. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.039

Geurden, I., Bergot, P., Van Ryckeghem, K. and Sorgeloos, P., 1999. Phospholipid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae starved or fed different phospholipid classes. *Aquaculture*, 171(1-2), 93-107. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00423-2

Halver, J.E., 2021. Food and Agriculture Organization. Chapter 4. Lipids and Fatty Acids. Available from: http://www.fao.org/3/x5738e/x5738e05.htm. Accessed on 25 December 2021.

Hilbig, C.C., Nascimento, N.F., Heinen, A.L., Tovo Neto, A., Funghetto, J.P., Bombardelli, R.A., Meurer, F. and Nakaghi, L.S.O., 2019. Effects of dietary fatty acids on the reproduction of South American female catfish Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(3), 456-466. http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue3-fulltext-8

Khan, M.A., Jafri, A.K. and Chadha, N.K., 2004. Growth, reproductive performance, muscle and egg composition in grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes), fed hydrilla or formulated diets with varying protein levels. *Aquaculture Research*, 35, 1277-1285.

Khezrian, S., Salati, A.P., Agh, N. and Pasha-Zanoosi, H., 2020. Effect of replacement of fish oil with different plant oils in Oncorhynchus mykiss broodstocks diets on egg and larval antioxidant defense development. *Veterinary Research Forum*, 11(1), 83-88. https://doi.org/10.30466/vrf.2019.92045.2228

Kutluyer, F., Sirkecioğlu, A.N. and Aksakal, E., 2017. Effect of dietary fish oil replacement with plants oils on growth performance and genes expression in juvenile rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Annals of Animal Science*,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

17(4), 1135-1153. https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0010

Lavens, P., Lebegue, E., Jaunet, H., Brunel, A., Dhert, P. and Sorgeloos, P., 1999. Effect of dietary essential fatty acids and vitamins on egg quality in turbot broodstocks. *Aquaculture International*, 7, 225-240. https://doi.org/10.1023/A:1009225028889

Ljubojevic, D., Trbović, D., Lujić, J., Bjelić-Čabrilo, O., Kostic, D., Novakov, N. and Ćirković, M., 2013. Fatty acid composition of fishes from Inland Waters. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 62-71.

Lund, I., Steenfeldt, S.J., Suhr, K.I. and Hansen, B.W., 2008. A comparison of fatty acid composition and quality aspects of eggs and larvae from cultured and wild broodstock of common sole (*Solea solea* L.). *Aquaculture Nutrition*, 14, 544-555. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00560.x

Mazorra, C., Bruce, M., Bell, J.G., Davie, A., Alorend, E. and Jordan, N., 2003. Dietary lipid enhancement of broodstock reproductive performance and egg and larval quality in Atlantic halibut (Hippoglossus hippoglossus). *Aquaculture*, 227, 21-33. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00493-9

Migaud, H., Bell, G., Cabrita, E., McAndrew, B., Davie, A., Bobe, J., Herraez, M.P. and Carrillo, M., 2013. Gamete quality and broodstock management in temperate fish. *Reviews in Aquaculture*, 5(1), 194-223. https://doi.org/10.1111/raq.12025

Moffett, I.J.J., Allen, M., Flanagan, C., Cozier, W.W. and Kennedy, G.J.A., 2006. Fecundity, egg size and early hatchery survival for wild Atlantic salmon, form the River Bush. *Fisheries Management and Ecology*, 13, 73-79. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2006.00478.x

Montero, D., Torrecillas, S., Benítez-Dorta, V., Caballero, M.J., Izquierdo, M.S. and Zamorano, M.J., 2019. Effects of dietary vegetable oils on the expression of eicosanoid receptors genes in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) intestine. *Aquaculture Reports*, 15, 100201. https://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100201

Muralisankar, T., Bhavan, S., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C., Manickam, N. and Shanthi, R., 2014. Effects of dietary supplementation of fish and vegetable oils on the growth performance and muscle compositions of the freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 67(2), 34-39. https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2014.09.004

Muthukumar, K. and Nachiappan, V., 2010. Cadmium-induced oxidative stress in Saccharomyces cerevisiae. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 47(6), 383-387.

Nandi, S., Routray, P., Gupta, S.D., Rath, S.C., Dasgupta, S. and Meher, P.K., 2007. Reproductive performance of carp, *Catla catla* (Ham.), reared on a formulated diet with PUFA supplementation. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 684-691. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00874.x

Ng, W.K. and Wang, Y., 2011. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, Oreochromis niloticus, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. *Aquaculture*, 314, 122-131. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.034

Parameshwaran, K., Edirisinghe, U. and Dematawewa, C.M.B., 2002. Replacement of cod

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

for Sustainable Development. *Journal of Biosafety*, 15(2), 97-118. URL: http://journalofbiosafety.ir/article-1-467-en.html

Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H. and Sadeghinejad Masouleh, E., 2023. Human Feeding of Fish Contaminated with Heavy Metals: A Serious Challenge for Human Food Security. *Journal of Biosafety*, 16(3), 51-74. URL: http://journalofbiosafety.ir/article-1-529-en.html

Radunz-Neto, J., Corraze, G., Bergot, P. and Kaushik, S.J., 1996. Estimation of essential fatty acid requirements of common carp larvae using semi-purified artificial diets. *Archives of Animal Nutrition*, 49(1), 41-48. https://doi.org/10.1080/17450399609381862

Rodríguez, C., Cejas, J.R., Martín, M.V., Badia, P., Samper, M. and Lorenzo, A., 1998. Influence of n-3 highly unsaturated fatty acid deficiency on the lipid composition of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) and on egg quality. *Fish Physiology and Biochemistry*, 18, 177-187. https://doi.org/10.1023/A:1007750218840

Strobel, C., Jahreis, G. and Kuhnt, K., 2012. Survey of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products. *Lipids in Health and Disease*, 11, 144. https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-144

Thayyan, M., Aahabzadeh, Rudsari, H.V. and Pajand, Z., 2016. Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications. *Chemical Reviews*, 116(5), 3029-3085. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00407

Uchelikani, P., Fita, I. and Loewen, P.C., 2004. Diversity of structures and properties among catalases. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 61(2), 192-208. https://doi.org/10.1007/s00018-003-3206-5

liver oil with soybean or coconut oil in diets of larval goldfish, *Carassius auratus* L. *Tropical Agricultural Research and Extention*, 5(1-2), 62-67.

Pelić, M., Knezevic, S.V., Baloš, M.Z. and Ljubojević, D., 2019. Fatty acid composition of Acipenseridae -sturgeon fish. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 333, 012109. https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012092

Pérez, M.J., Rodríguez, C. and Cejas, J.R., 2007. Lipid and fatty acid content in wild white seabream (*Diplodus sargus*) broodstock at different stages of the reproductive cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 146(2), 187-196. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.10.097

Pettersson, A., 2010. Effects of replacing fish oil with vegetable oils in feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Arctic charr *(Salvelinus alpinus)*. MSc thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Planas, J.V. and Swanson, P., 2008. Physiological function of gonadotropins in fish. In: Rocha M.J., Arukwe A. and Kapoor B.G. (Eds.). *Fish Reproduction*. Science Publishers, New Hampshire, USA, pp. 37-66.

Pourhosein, S., Bahri, A.H., Falahatkar, B., Yarmohammadi, M. and Salarzadeh, A.R., 2019. The effect of fish and rapeseed oils on growth performance, egg fatty acid composition and offspring quality of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Nutrition*, 25(3), 543-554. https://doi.org/10.1111/anu.12856

Radkhah, A.R. and Eagderi, S., 2022. Biosecurity in Aquaculture Systems as one of the Requirements

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]

Review Article:

Role of Dietary Fatty Acids in Fish Broodstock Nutrition and Their Effects on Egg and Larval Quality

Radkhah A.R.[1]; Soheil Eagderi[1*]; Sadeghinejad Masouleh E.[2]; Atash Afrazah S.[3]

* soheil.eagderi@ut.ac.ir

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2-Inland Water Aquaculture Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran
3- Bachelor's degree Bachelor of Environment, Faculty of Natural Resources, Birjand University, Birjand, Iran

Abstract

Broodstock nutrition plays a fundamental role in reproductive performance and the production of high-quality eggs and larvae in aquaculture. This review evaluates the effects of dietary fatty acids in broodstock nutrition on egg quality, larval development, and survival in major cultured fish species, including salmonids, cyprinids, sea bass, sea bream, flatfish, and sturgeon. Relevant studies published between 2010 and 2022 were comprehensively reviewed to assess the relationship between broodstock dietary lipid composition and reproductive outcomes. The findings indicate that the balance and ratio of essential fatty acids, particularly eicosapentaenoic acid (EPA), arachidonic acid (ARA), and docosahexaenoic acid (DHA), are more critical than their absolute dietary levels. The dietary n−3/n−6 fatty acid ratio directly affects egg biochemical composition, embryonic development, larval quality, and survival. Evidence from the reviewed studies further demonstrates that combined lipid sources containing both fish oil and vegetable oil are generally more effective in improving reproductive performance and larval growth than single-source lipid diets. In addition, plant-based ingredients rich in essential fatty acids may serve as sustainable alternatives to conventional fish oil in broodstock feeds. Overall, optimizing fatty acid composition in broodstock diets can significantly enhance egg quality, larval viability, and the sustainability of aquaculture production systems.

Keywords: Broodstock nutrition; Fatty acids; Egg quality; Larval development; Aquaculture; Fish reproduction.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/JOA.13.1.41]